

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-91921

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.⁸

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-242043

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月12日

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 斎藤 正路

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72) 発明者 渡辺 利徳

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

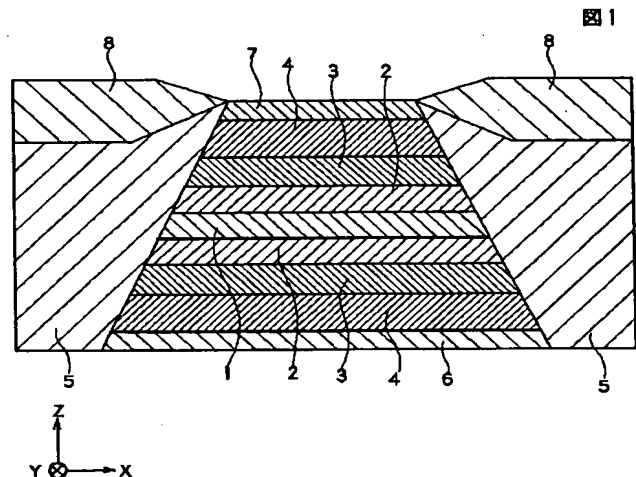
(74) 代理人 弁理士 野▲崎▼ 照夫

(54) 【発明の名称】 デュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 $FeMn$ 合金などの反強磁性材料は、下地の影響を受けやすく、 $FeNi$ 合金などのピン磁性層の上に成膜されたときには交換異方性磁界を生じるが、ピン磁性層の下に成膜されたときには交換異方性磁界を有効に発揮できない。よって、ピン磁性層と反強磁性層とが上下に対称に配置されるデュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッドの反強磁性材料に $FeMn$ 合金を用いることはできない。また $FeMn$ 合金は耐食性に劣り、さらに交換異方性磁界を発揮させるための熱処理温度が高く、非磁性導電層とピン磁性層の界面の拡散を生じやすい。

【解決手段】 デュアルスピバルブ型の薄膜磁気ヘッドの反強磁性層4、4に $PtMn$ 膜を使用する。前記 $PtMn$ 膜はピン磁性層3、3の上下どちらに形成されても交換異方性磁界を得ることができる。また比較的低温の熱処理で有効な交換異方性磁界を発生できる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 フリー磁性層の上下に積層された非磁性導電層と、一方の前記非磁性導電層の上および他方の非磁性導電層の下に位置するピン磁性層と、一方の前記ピン磁性層の上および他方のピン磁性層の下に位置して交換異方性磁界によりそれぞれのピン磁性層の磁化方向を一定の方向に固定する反強磁性層と、前記フリー磁性層の磁化方向を前記ピン磁性層の磁化方向と交叉する方向に揃えるバイアス層とを有し、前記反強磁性層がPtMn（白金－マンガン）合金で形成されていることを特徴とするデュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記フリー磁性層及び前記ピン磁性層がFeNi（鉄－ニッケル）合金または、Co（コバルト）、Fe－Co合金、Fe－Co－Ni合金で形成されている請求項1記載のデュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 前記PtMn合金の膜組成は、Ptが44～51原子%で、Mnが49～56原子%の範囲である請求項1または2記載のデュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 反強磁性層が、PtMn合金に代えて、Pt－Mn－X（X＝Ni，Pd，Rh，Ru，Ir，Cr，Fe，Co）合金、あるいはPdMn合金により形成される請求項1記載のデュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ピン（Pinned）磁性層の磁化の方向と外部磁界の影響を受けるフリー（Free）磁性層の磁化の方向との関係で電気抵抗が変化するいわゆるスピバルブ型薄膜磁気ヘッドに係り、フリー磁性層の上下に位置するピン磁性層のそれぞれに反強磁性層が積層されているデュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】磁気抵抗効果型読み取りヘッドには、磁気抵抗効果を示す素子を用いたMR（Magnetoresistive）ヘッドと巨大磁気抵抗効果を示す素子を利用したGMR（Giant Magnetoresistive）ヘッドとがある。前記MRヘッドは、磁気抵抗効果を示す磁性体が単層構造となっている。一方、GMRヘッドは、磁気抵抗効果を示す層が複数の材料を組み合わせた多層構造で形成されている。巨大磁気抵抗効果を生み出す構造にはいくつかの種類があるが、そのなかで比較的構造が単純で、外部磁界に対して抵抗変化率の高いものとしてスピバルブ方式がある。スピバルブ方式にはシングルスピバルブ方式とデュアルスピバルブ方式とがある。

【0003】図8はシングルスピバルブ型薄膜磁気ヘッドを示すものであり、下からフリー（Free）磁性層1、非磁性導電層2、ピン（Pinned）磁性層3及び反強

2

磁性層4の4層で構成されている。また、両側に位置する符号5、5はハードバイアス層である。6、7はTa（タンタル）などの非磁性材料で形成された下地層及び保護層で、8は導電層である。前記ピン磁性層3の保磁力はフリー磁性層1の保磁力に比べて高く設定されている。ピン磁性層3と反強磁性層4とが接して形成され、前記ピン磁性層3は、前記反強磁性層4との界面での交換結合による交換異方性磁界により、Y方向へ単磁区化され、磁化の方向がY方向へ固定される。前記交換異方性磁界は、磁界を与えながら熱処理を施すことにより前記反強磁性層4と前記ピン磁性層3の界面において生じる。

【0004】また、X方向に磁化されているハードバイアス層5の影響を受け前記フリー磁性層1の磁化方向はX方向へ揃えられている。ハードバイアス層5によりフリー磁性層1が所定方向に単磁区化されることによって、バルクハウゼンノイズの発生を防止することができる。このシングルスピバルブ型薄膜磁気ヘッドでは、導電層8からフリー磁性層1、非磁性導電層2及びピン磁性層3に定常電流が与えられる。ハードディスクなどの磁気記録媒体の走行方向はZ方向であり、前記磁気記録媒体からの洩れ磁界がY方向に与えられると、フリー磁性層1の磁化の方向がX方向からY方向へ向けて変化する。このフリー磁性層1内での磁化の方向の変動と、ピン磁性層3の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、磁気記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0005】次に、図1はデュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッドを示す断面図である。デュアルスピバルブ型では、フリー磁性層1を中心にして上下対象に、非磁性導電層2、2、ピン磁性層3、3及び反強磁性層4、4が積層されている。前記フリー磁性層1の磁化の方向はハードバイアス層5によりX方向に揃えられ、前記ピン磁性層3、3の磁化の方向は、前記ピン磁性層3、3と反強磁性層4、4との界面での交換異方性磁界による交換結合で、Y方向に単磁区化されて固定されている。

【0006】前記記録媒体からのY方向の洩れ磁界により、前記フリー磁性層1の磁化方向がX方向からY方向へ向けて変化するにより、電気抵抗値が変化する。スピバルブ型の薄膜磁気ヘッドでは、フリー磁性層1の磁化方向がX方向からY方向へ向けて変化する、フリー磁性層1とピン磁性層3との間で片方の層から他方の層へ移動しようとする電子が、非磁性導電層2とフリー磁性層1との界面、または非磁性導電層2とピン磁性層3との界面で散乱を起すことにより電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、磁気記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0007】フリー磁性層1の磁化の方向とピン磁性層3の磁化の方向との角度が最も大きくなったとき、すなわち反平行になったときに前記電気抵抗は最大値を示

50

3

し、前記フリー磁性層1の磁化の方向と前記ピン磁性層3の磁化の方向が同じになったときに前記電気抵抗は最少値を示す。記録媒体からの洩れ磁界が与えられたときに、抵抗変化率〔(最大電圧値—最少電圧値)/最少電圧値〕が大きくなればなるほど、薄膜磁気ヘッドの特性は良好になる。

【0008】図8に示すシングルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドでは、電子散乱が起こる場所が、非磁性導電層2とフリー磁性層1との界面、及び非磁性導電層2とピン磁性層3との界面の2箇所であるのに対し、図1に示すデュアルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドでは、電子散乱が起こる場所が、非磁性導電層2とフリー磁性層1との2箇所の界面と、非磁性導電層2とピン磁性層3との2箇所の界面の計4箇所であるため、デュアルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドの方がシングルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドに比べて抵抗変化率が大きくなる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】前記フリー磁性層1及びピン磁性層3としては例えばFeNi(鉄—ニッケル)系合金膜、非磁性導電層2としてはCu(銅)膜が一般に使用される。また、図8に示す従来のシングルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドでは、反強磁性層4を構成する反強磁性材料として、FeMn(鉄—マンガン)合金膜が一般的に用いられている。しかし、前記FeMn膜は腐食しやすく、水分を含む空气中にさらしておくと急速に錆びを発生する欠点がある。また、反強磁性材料のFeMn合金膜と、ピン磁性層であるFeNi合金膜との交換結合でのブロッキング温度は約150℃程度と低いものであり、薄膜磁気ヘッド動作中に自己発熱や環境温度によりヘッドの温度が高くなると、交換異方性磁界が弱くなり、検出力でのノイズが大きくなる欠点がある。

【0010】また、前記FeMn合金に代わる反強磁性材料としてIrMn(イリジウム—マンガン)合金膜、RhMn(ロジウム—マンガン)合金膜などがある。しかし、前記FeMn(鉄—マンガン)合金膜、IrMn(イリジウム—マンガン)合金膜、RhMn(ロジウム—マンガン)合金膜などは、ピン磁性層3を構成するFeNi合金などの強磁性材料の上に重ねて成膜されたときにはピン磁性層3との界面において交換結合を発揮できるが、これらの反強磁性材料は下地層の影響を受けやすく、また反強磁性材料の上面付近が反強磁性の性質を発揮しづらい特徴を有しているため、反強磁性材料の上にピン磁性層3が重ねられて成膜された場合には交換結合を発揮できない性質を有している。

【0011】このように、上記に列記した反強磁性材料は、ピン磁性層3に対して上か下の一方に積層されたときにしか有効な交換結合を発揮できない。よって、図1に示すデュアルスピンバルブ型のように、反強磁性層4、4がピン磁性層3、3の上と下の双方に成膜される

4

構造では、前記反強磁性材料を使用することができない。また、ピン磁性層3に対して上下どちらに形成されても交換異方性磁界を得ることができる材料として、NiMn(ニッケル—マンガン)合金がある。この反強磁性材料は、ピン磁性層3の上と下の双方に成膜できるため、図1に示すデュアルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドに使用可能である。

【0012】ところがこのNiMn合金膜と、FeNi系合金膜(ピン磁性層3)との間で有効な交換結合を発揮させるためには、比較的高い温度での加熱処理(アニール)が必要になる。すなわち、交換異方性磁界を発生させるためには、反強磁性層4およびピン磁性層3を接合して成膜した後に、磁界を与え且つ熱処理を行うことが必要であるが、反強磁性層4がNiMn合金膜で、ピン磁性層3がFeNi系合金の場合、有効な交換異方性結合を発揮させるための熱処理温度は約250℃以上のかなり高い温度が必要である。ところが、250℃以上の高温の熱処理を行うと、FeNi合金膜で形成されているフリー磁性層1及びピン磁性層3と、Cuで形成されている非磁性導電層2の界面において、金属元素の拡散が発生し、フリー磁性層1と非磁性導電層2との界面および、ピン磁性層3と非磁性導電層2との界面での電子拡散による磁気抵抗効果に影響が出て、外部磁界に対する抵抗変化率が低下する問題がある。

【0013】本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、反強磁性層をPtMn(白金—マンガン)合金などで形成することにより、前記反強磁性層がピン磁性層の上下どちらに形成されても、有効な交換異方性磁界を得ることができるデュアルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

【0014】また本発明は、反強磁性膜による交換結合を発揮させるための熱処理温度を低くできるようにして、フリー磁性層及びピン磁性層と、非磁性導電層との界面での拡散を防止でき、高い抵抗変化率を得ることができるデュアルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明のデュアルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドは、フリー磁性層の上下に積層された非磁性導電層と、一方の前記非磁性導電層の上および他方の非磁性導電層の下に位置するピン磁性層と、一方の前記ピン磁性層の上および他方のピン磁性層の下に位置して交換異方性磁界によりそれぞれのピン磁性層の磁化方向を一定の方向に固定する反強磁性層と、前記フリー磁性層の磁化方向を前記ピン磁性層の磁化方向と交叉する方向に揃えるバイアス層とを有し、前記反強磁性層がPtMn(白金—マンガン)合金で形成されていることを特徴とするものである。

【0016】上記において、前記フリー磁性層及び前記ピン磁性層は、例えばFeNi(鉄—ニッケル)系合金

5

で形成される。

【0017】また、前記PtMn合金の膜組成は、Ptが44～51原子%で、Mnが49～56原子%の範囲であることが好ましい。

【0018】さらに、反強磁性層を、PtMn合金に代えて、Pt—Mn—X (X=Ni, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Fe, Co) 合金、あるいはPdMn合金により形成することも可能である。

【0019】また、前記フリー磁性層及び前記ピン磁性層をCo (コバルト)、Fe—Co (鉄—コバルト) 合金、Fe—Co—Ni (鉄—コバルト—ニッケル) 合金で形成することも可能である。

【0020】本発明では、反強磁性層を構成する反強磁性材料としてPtMn合金膜またはこれと同等の性質のPdMn合金膜を用いている。これらの反強磁性材料は、ピン磁性層を構成する強磁性材料の上と下のどちらに重ねられても、ピン磁性層との界面で有効な交換異方性磁界を発揮することができる。よって、フリー磁性層の上下対称位置にピン磁性層が設けられ、一方のピン磁性層の上と他方のピン磁性層の下に反強磁性層が設けられるデュアルスピナルブ型薄膜磁気ヘッドを、前記反強磁性材料を用いて構成した場合に、充分な磁気抵抗効果を得ることができる。

【0021】また前記反強磁性層としてPtMn合金膜またはPdMn合金膜を使用すると、成膜後の熱処理温度が230℃以下でも十分な交換異方性磁界を得ることができる。そのため、前記熱処理において、非磁性導電層と、ピン磁性層及びフリー磁性層との界面での拡散を防止でき、外部磁界に対して高い抵抗変化率を得ることができる。

【0022】また、PtMn合金膜は、FeMn合金膜やNiMn合金膜に比べて耐食性が優れており、デュアルスピナルブ型薄膜磁気ヘッド製造工程における各種の溶剤や洗浄剤においても腐食が全く進行せず、過酷な環境下でのデュアルスピナルブ型薄膜磁気ヘッドの動作においても化学的に安定している。

【0023】さらに、PtMn合金膜とピン磁性層とが接することにより得られた交換異方性磁界は熱的に極めて安定であり、ブロッキング温度が380℃程度に高く、よって薄膜磁気ヘッドの動作時の温度が高くなっても、安定した交換異方性磁界を発生でき、読取り精度が安定する。

【0024】

【発明の実施の形態】図1は本発明のデュアルスピナルブ型薄膜磁気ヘッドの構造を示す断面図である。この薄膜磁気ヘッドは、ハードディスク装置に設けられる浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられるものであり、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向はZ方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はY方向である。

6

【0025】図1の最も下に形成されているのはTa (タンタル) などの非磁性材料で形成された下地層6である。この下地層6上に、PtMn (白金—マンガン) 合金で形成された反強磁性層4、FeNi (鉄—ニッケル) 系合金で形成されたピン磁性層3が積層されている。前記ピン磁性層3上に、Cu (銅) などの非磁性導電層2が形成され、前記非磁性導電層2上にFeNi系合金のフリー磁性層1が形成される。さらに前記フリー磁性層1上に、非磁性導電層2、ピン磁性層3及び反強磁性層4が連続して積層され、さらにTaなどの保護層7が形成されている。

【0026】前記反強磁性層4とピン磁性層3とが積層された状態で、所定の大きさの磁界中で熱処理を施すことにより、前記両層の界面で交換異方性磁界が得られ、前記ピン磁性層の磁化の方向がY方向に単磁区化され固定される。反強磁性層4をPtMn合金で形成し、ピン磁性層3をFeNi系合金で形成した場合、反強磁性層4がピン磁性層3の下に形成されているときと、反強磁性層4の上に形成されているときの双方において交換結合が可能になる。なお、前記ピン磁性層3をCo (コバルト)、Fe—Co (鉄—コバルト) 合金、Fe—Co—Ni (鉄—コバルト—ニッケル) 合金で形成しても、反強磁性層4との界面で交換異方性磁界を得ることができる。

【0027】下地層6から保護層7までの多層膜がスパッタにより成膜され、所定断面形状にエッチングされた後に、前記フリー磁性層1にバイアス磁界を与えるハードバイアス層5が形成されている。前記ハードバイアス層5はX方向に磁化され、フリー磁性層1の磁化がX方向に揃えられる。また、ハードバイアス層5、5の上にW (タングステン)、Cu (銅) などにより形成された導電層8、8が形成される。

【0028】このようにして形成されたデュアルスピナルブ型薄膜磁気ヘッドでは、導電層8からフリー磁性層1、非磁性導電層2及びピン磁性層3に定常電流が与えられ、しかも記録媒体からY方向へ磁界が与えられると、フリー磁性層1の磁化の方向がX方向からY方向へ向けて変化する。このとき、フリー磁性層1とピン磁性層3のうち片方の層から他方へ移動しようとする電子が、非磁性導電層2とフリー磁性層1との界面、または非磁性導電層2とピン磁性層3との界面で散乱を起し、電気抵抗が変化する。よって定常電流が変化し、検出出力を得ることができる。本発明で反強磁性層4に用いたPtMn合金は、FeMn (鉄—マンガン) 合金やNiMn (ニッケル—マンガン) 合金に比べて耐食性に優れている。よって腐食によるヘッド特性の劣化を防止できる。

【0029】

【実施例】以下反強磁性層としてPtMn合金膜を使用した多層膜および、この多層膜を使用したデュアルスピ

7

ンバルブ型薄膜磁気ヘッドの実施例を説明する。X方向の素子幅(トラック幅)が $2.2\mu\text{m}$ 、Y方向の素子長さ(MRハイト)が $1.5\mu\text{m}$ の、デュアルスピンバルブ素子(図1)及びシングルスピンバルブ素子(図8)を成膜した。

【0030】デュアルスピンバルブ素子の膜構成は、シリコン(Si)基板の上に非磁性材料としてアルミナ(Al_2O_3)を成膜し、その上に図1と同様に、下地層6から保護層7の順に成膜されたものであり、その構成膜材料は、Ta(3nm)/PtMn(20nm)/NiFe(4nm)/Cu(2.5nm)/NiFe(7nm)/Cu(2.5nm)/NiFe(4nm)/PtMn(20nm)/Ta(5nm)である。なおカッコ内は膜厚である。シングルスピンバルブ素子の膜構成は、シリコン基板の上にアルミナの膜を形成し、その上に、図8と上下逆の層を成膜したものであり、下から下地層/反強磁性層/ピン磁性層/非磁性導電層/フリー磁性層/保護層の順であり、具体的な材料としては、下から、Ta(3nm)/PtMn(30nm)/NiFe(4nm)/Cu(2.5nm)/NiFe(8nm)/Ta(5nm)とした。

【0031】また、デュアルスピンバルブ膜と、シングルスピンバルブ膜の双方において、反強磁性層となるPtMn膜の膜組成を、Ptが48原子%(at%)、Mnが52原子%(at%)のものとした(Pt₄₈Mn₅₂)。上記の成膜は、合金ターゲットを用いDCマグネトロンスパッタにより行った。前記デュアルスピンバルブ素子において、 230°C の熱処理を施すことにより、反強磁性層4であるPtMn合金膜からピン磁性層3のFeNi合金膜に与えられる交換結合磁界(H_{ex})が470(Oe)、ピン磁性層3の保磁力(H_{c})が240(Oe)であった。

【0032】また、図1及び図8に示すように、前記デュアルスピンバルブ素子の両側には、厚さ30nmのCoPt合金膜をハードバイアス層5として成膜し、シングルスピンバルブ素子の両側には、前記CoPt合金膜をハードバイアス層5として厚さ20nmにて成膜した。また、前記ハードバイアス層5は、残留磁気(M_r)が0.9T(テスラ)で、保磁力が1300(Oe)であった。また $5\text{mm} \times 25\text{mm}$ のシリコン基板上に前記多層膜を形成した場合、前記デュアルスピンバルブ素子では、抵抗変化率が6.2%、シート抵抗が $10.8\Omega/\text{m}^2$ 、前記シングルスピンバルブ素子では、抵抗変化率が3.9%、シート抵抗が $16.3\Omega/\text{m}^2$ であった。

【0033】前記のようにデュアルスピンバルブ素子の抵抗変化率がシングルスピンバルブ素子の抵抗変化率に比べて高くなっている。これはフリー磁性層1の上側と下側の双方に形成されているピン磁性層3、3が共にY方向へ磁化が固定されていることを意味し、これはピン

8

磁性層3の下側に形成されたPtMn合金の反強磁性層4と、ピン磁性層3の上側に形成されたPtMn合金の反強磁性層4の双方が、ピン磁性層3、3との界面で交換結合を発揮していることを意味している。次に素子幅(トラック幅Tw)が $2.2\mu\text{m}$ 、素子長さ(MRハイトh)が $1.5\mu\text{m}$ の、デュアルスピンバルブ素子及びシングルスピンバルブ素子に対し、5mAの定常電流(I_s)を与え、Y方向から外部磁界を与え、この外部磁界を変化させて、定常電流 I_s から電圧の変化(抵抗変化に比例する)を測定した。

【0034】図2は、横軸に外部磁界の大きさをとり、縦軸に、デュアルスピンバルブ素子に与えられた定常電流に基づく電圧の変化(ΔV)をとったものであり、(A)は外部磁界の $\pm 2\text{K}(Oe)$ の範囲での変化を横軸にとったメジャーLoopで、(B)は、外部磁界の $\pm 200(Oe)$ の範囲での変化を横軸にとったマイナーLoopである。

【0035】図2(A)のメジャーLoopから、デュアルスピンバルブ素子の電圧変化は4.4mVであり、抵抗変化率は3.5%であった。また、メジャーLoopはスムーズな曲線を描いており、2段階変化になっていない。これは2層のピン磁性層3、3がほぼ等しい大きさの交換異方性磁界で単磁区化され、ほぼ等しい保磁力を有していることを示している。またマイナーLoopにはヒステリシスがなく、外部磁界を0(Oe)に戻しても、前記フリー磁性層の保磁力がほぼゼロになっていることがわかる。つまり、ハードバイアス層5によりフリー磁性層1のX方向への単磁区化がなされていることを示し、バルクハウゼンノイズを低減できるものとなっている。

【0036】図3は、定常電流(I_s)を $\pm 10\text{mA}$ の範囲で変化させたときの電圧変化率(抵抗変化率)($\Delta V/V$)の変動をシングルスピンバルブ素子とデュアルスピンバルブ素子の双方に関して測定した結果である。前記定常電流は、シングルスピンバルブ素子において、この定常電流による磁界が、ピン磁性層の交換異方性磁界を弱める方向をプラスとしている。図3では、定常電流の変化にかかわらず、デュアルスピンバルブ素子の抵抗変化率が、シングルスピンバルブ素子の抵抗変化率よりも大きくなっている。さらに、定常電流が10mAのときの変化率 $\Delta V/V$ が、1mAでの $\Delta V/V$ に対し、デュアルスピンバルブ素子では8.8%の減少であり、シングルスピンバルブ素子では16.2%の減少となっている。図3から本発明のデュアルスピンバルブ素子での抵抗変化率が定常電流の変化に対して安定していることが解る。

【0037】図4は、定常電流の変化と、アシンメトリ(Asymmetry)との関係を示したグラフである。図4では、マイナーLoopから求めたものであり、ハードディスクなどの磁気記録媒体からの洩れ磁界の大きさに相

9

当する ± 40 (Oe)での電圧変化(抵抗変化)の対称性を調べたものである。横軸は定常電流の変化を示し、縦軸は、デュアルスピンバルブ素子とシングルスピンバルブ素子の双方のアシメトリーを、 $(\Delta V(-400\text{Oe}) - \Delta V(+400\text{Oe})) / (\Delta V(-400\text{Oe}) + \Delta V(+400\text{Oe}))$ で示している。

【0038】図4では、デュアルスピンバルブ素子のアシメトリーが約10%であり、定常電流に対する依存性がほとんどないことがわかる。これに対し、シングルスピンバルブ素子では、約-32%から+1%まで変化しており、定常電流に強く依存していることがわかる。これは、デュアルスピンバルブ素子は上下対象の膜構成と成っており、フリー磁性層の上下を流れる定常電流が作る定常電流磁界がフリー磁性層内で打ち消し合い、フリー磁性層には定常電流磁界が作用しないためである。

【0039】以上のように、PtMn合金を反強磁性層4として用いた、デュアルスピンバルブ素子は、外部磁界に対して大きな抵抗変化率を得ることができ、しかもこの抵抗変化率にヒステリシスがなく、さらに定常電流の変化の影響を受けにくいものとなっている。したがって、PtMn合金を反強磁性層としたデュアルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドは、優れた特性を得られるものとなる。

【0040】次に、反強磁性層4を形成するPtMn合金と、ピン磁性層3を形成する強磁性材料との交換結合についての実験結果を説明する。まず、DCマグネトロンスパッタおよびRFコンベンショナルスパッタにより、シリコン(Si)基板の表面にアルミナを成膜し、さらに下から順にTa(3nm)/FeNi(5nm)/PtMn(20nm)/Ta(5nm)を成膜し、さらにアルミナで覆った。前記のカッコ内は膜厚である。

【0041】PtMn膜の成膜はMnターゲットにPtチップを配置した複合ターゲット及び合金ターゲットを用いて行い、成膜時のPtMnの組成を変えられるようにした。前記構成の多層膜では、PtMn膜の組成を変化させるが、前記多層膜と同時にSi基板上に膜厚1 μm のPtMn膜を形成し、XMA(X線マイクロアナライザ)でPtMnの膜組成を分析できるようにした。前記多層膜において、反強磁性材料のPtMn合金と、強磁性材料のFeNi合金との間の交換結合を得るための熱処理は、 5×10^{-6} Torr以下の真空度で、2000(Oe)の磁界中で、270 $^{\circ}\text{C}$ の温度により行った。交換異方性磁界(H_{ex})の測定は真空加熱機構付VSMにより行った。

【0042】図5は、PtMn膜の膜組成を、Ptが0~60at%の範囲となるように変化させたときの、成膜直後の状態(as depo.)と、前記のように270 $^{\circ}\text{C}$ で熱処理した後での、交換異方性磁界(H_{ex})の測定値を示している。図5に示すように、熱処理をし

10

たときおよびしないときの双方において、Ptが0~25at%の範囲で H_{ex} が生じるが、この交換結合は、PtMn膜をNiFe膜の上に積層したときのみ生じ、PtMn膜がFeNi膜の下に形成されたときには交換結合は生じない。

【0043】熱処理後は、Ptが42at%から55at%の範囲で、交換結合を生じ、この場合、PtMn膜がFeNi膜の上に成膜されたときと下に成膜されたときの双方において交換結合を生じる。そしてPtが44~51at%の範囲で、交換異方性磁界(H_{ex})が130(Oe)を越え、Ptが46~49at%の範囲で前記 H_{ex} が240(Oe)を越える。したがって、図1に示すデュアルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドでは、熱処理により交換異方性磁界を発生させ、反強磁性層を構成するPtMn合金の組成は、Ptが44~51at%の範囲でMnが49~56at%であることが好ましく、さらに好ましくは、Ptが46~49at%でMnが51~54at%である。

【0044】図6は、反強磁性材料であるPtMn膜と、ピン磁性層となるFeNi膜との交換結合と、熱処理温度との関係を測定したものである。膜構成は、シリコン基板上にアルミナ層を形成し、その上にTa(3nm)/PtMn(30nm)/FeNi/Ta(5nm)/アルミナの順に成膜した。膜は合金ターゲットを用い、DCマグネトロンスパッタにより行った。また、PtMn膜の組成はPtが48at%でMnが52at%とした。またFeNi膜の膜厚は2nm、3nm、4nm、10nm、20nmの5種類とした。

【0045】上記のそれぞれの多層膜につき、 5×10^{-6} Torr以下の真空度で、2000(Oe)の磁界中で交換異方性磁界(H_{ex})を発生させた。前記真空中においての加熱処理を0 $^{\circ}\text{C}$ 、190 $^{\circ}\text{C}$ 、210 $^{\circ}\text{C}$ 、230 $^{\circ}\text{C}$ 、250 $^{\circ}\text{C}$ とした。各温度で熱処理した多層膜につき交換異方性磁界をVSMにより測定した。図6では横軸にFeNi膜の膜厚の変化をとり、縦軸に交換異方性磁界(H_{ex})をとっている。

【0046】図6によれば、ピン磁性層となるFeNi膜の膜厚が5nm以下であれば、210 $^{\circ}\text{C}$ の熱処理で200(Oe)以上の交換異方性磁界(H_{ex})を得ることができ、FeNi膜の膜厚が10nm以下であれば、熱処理温度が230 $^{\circ}\text{C}$ 程度の比較的低温において、交換異方性磁界を200(Oe)以上にできる。すなわちPtMnを反強磁性層4として使用すると、比較的低温での熱処理で交換異方性磁界を発生させることができ、高温の熱処理により問題となる非磁性導電層としてのCu膜とピン磁性層またはフリー磁性層としてのNiFe膜との拡散を防止することが可能となり、常に良好な薄膜磁気ヘッドとしての特性を得ることができる。

【0047】図7は、ピン磁性層3を構成する挟持性材料として、FeNi合金を使用した場合と、Coを使用

10

20

30

40

50

11

した場合とでの動作環境温度の影響について調べたものである。膜構成は、シリコン基板上に、アルミナ/Ta (3nm)/PtMn (30nm)/FeNi (3nm)/Ta (5nm)/アルミナを成膜したものと、シリコン基板上に、アルミナ/Ta (3nm)/PtMn (30nm)/Co (4nm)/Ta (5nm)/アルミナを成膜したものを2種類製造した。

【0048】成膜は合金ターゲットを用いDCマグネトロンスパッタにより行ない、PtMn膜の組成は、Ptが48at%で、Mnが52at%とした。上記2種類の多層膜に対し、 5×10^{-6} Torr以下の真空度で、2000(Oe)の磁界中で、230°Cで熱処理し、交換異方性磁界(H_{ex})を発生させるようにした。熱処理後に室温にまで冷却した。冷却後に前記各多層膜の環境温度を上昇させていき、そのときの交換異方性磁界を測定した。

【0049】図7は横軸に環境温度、縦軸に交換異方性磁界(H_{ex})を示している。ピン磁性層となる強磁性材料としてFeNi膜を使用した場合、H_{ex}は室温から約200°Cまで上昇させてもあまり低下せず、約240°Cから下がり始め約380°Cで消失する(ブロッキング温度)。ピン磁性層にCoを使用した場合、H_{ex}は室温から約120°Cまではあまり変化が見えず、約120°C以降から徐々に下がり始め、FeNi膜の場合と同じように約380°Cでブロッキング温度となる。このように、H_{ex}が消失する温度(ブロッキング温度)はFeNi膜、Co膜ともに380°Cと非常に高い値を示しており、特に磁気抵抗効果膜周辺の実用温度として上昇する可能性のある室温から約120°Cの範囲において、FeNi膜及びCo膜によるH_{ex}はほぼフラットな値を示しているため、常に安定した交換異方性磁界を得ることが可能となっている。

【0050】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、反強磁性層がPtMn合金またはこれと同種の性質をもつPdMn合金、あるいはPt—Mn—X(X=Ni, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Fe, Co)合金で形成されることによって、前記反強磁性層がピン磁性層の上下どちらに形成されても交換異方性磁界を得ることが可能となり、さらに比較的低い温度の熱処理でも効果的な交換異方性磁界を得ることができる。またPtMn合金は熱的安定性が高く、耐腐食性にも優れている。そのため、良好な薄膜磁気ヘッドとしての特性を有するデュアルスピ

12

ンバルブ型薄膜磁気ヘッドの製作が可能となる。

【0051】また、反強磁性層がPtMn合金またはPdMn合金、あるいはPt—Mn—X(X=Ni, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Fe, Co)合金で形成されたデュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッドは、シングルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドに比べて抵抗変化率が高く、またアシンメトリーも飛躍的に向上する。

【0052】また、反強磁性層がPtMn合金またはPdMn合金、あるいはPt—Mn—X(X=Ni, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Fe, Co)合金で形成されることによって、ピン磁性層の上下の前記反強磁性層の材料を共通化することができるため、成膜時のスパッタリングターゲットの数を減らすことができ、製造が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】デュアルスピバルブ型薄膜磁気ヘッドの構造を示す拡大断面図、

【図2】デュアルスピバルブ膜における外部磁界と抵抗変化率との関係を示す線図であり、(A)はメジャーロープ、(B)はマイナーロープ、

【図3】シングルスピンバルブ膜及びデュアルスピバルブ膜における定常電流と抵抗変化率との関係を示す線図、

【図4】シングルスピンバルブ素子とデュアルスピバルブ素子における定常電流とアシンメトリーとの関係を示す線図、

【図5】PtMn膜の膜組成と交換異方性磁界との関係を示す線図、

【図6】熱処理温度及びピン磁性層(FeNi膜)の膜厚と交換異方性磁界との関係を示す線図、

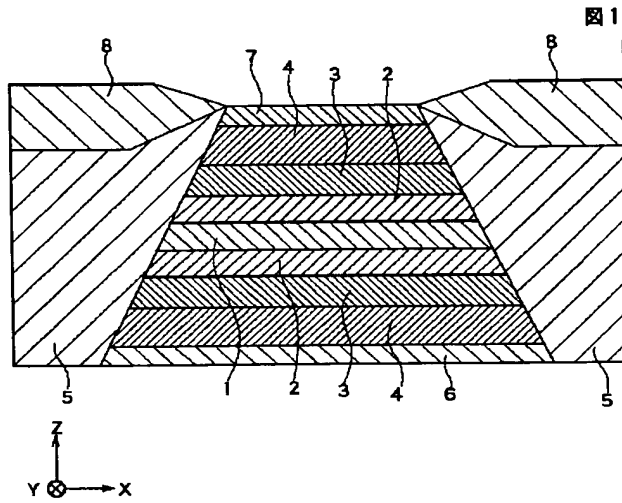
【図7】ピン磁性層にFeNi膜とCo膜を用いた場合の、環境温度と交換異方性磁界との関係を示す線図、

【図8】シングルスピンバルブ型薄膜磁気ヘッドの構造を示す拡大断面図、

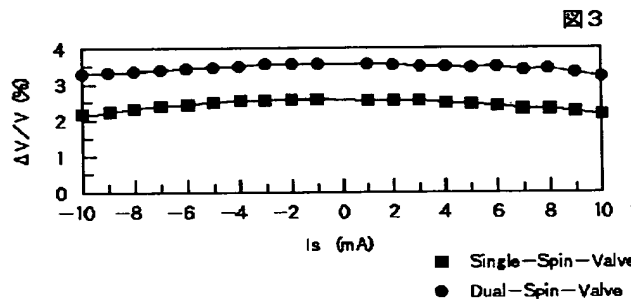
【符号の説明】

- 1 フリー磁性層
- 2 非磁性導電層
- 3 ピン磁性層
- 4 反強磁性層
- 5 ハードバイアス層
- 6 下地層
- 7 保護層
- 8 導電層

【図1】



【図3】



【図5】

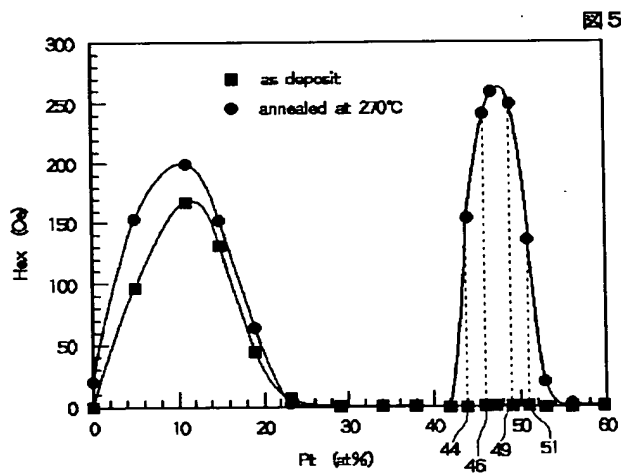
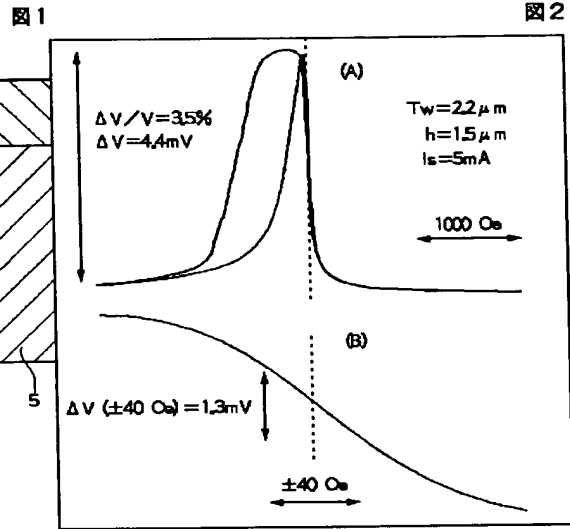
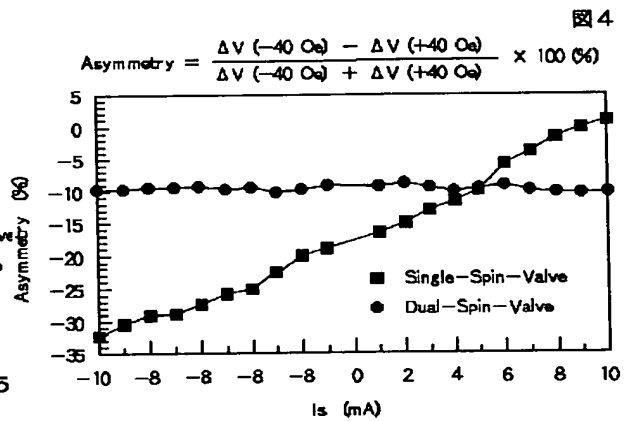


図5

【図2】



【図4】



【図6】

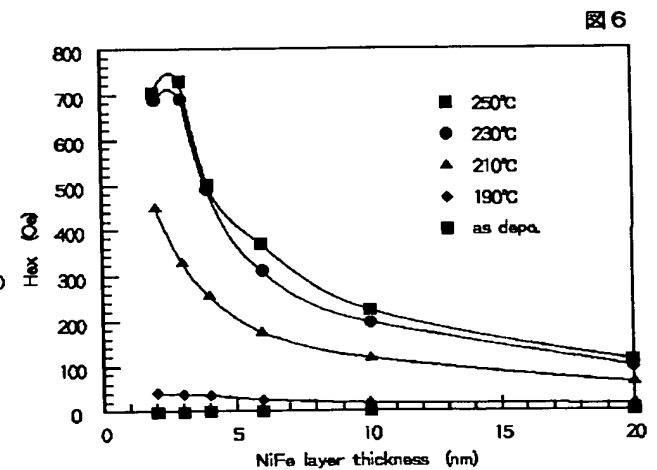
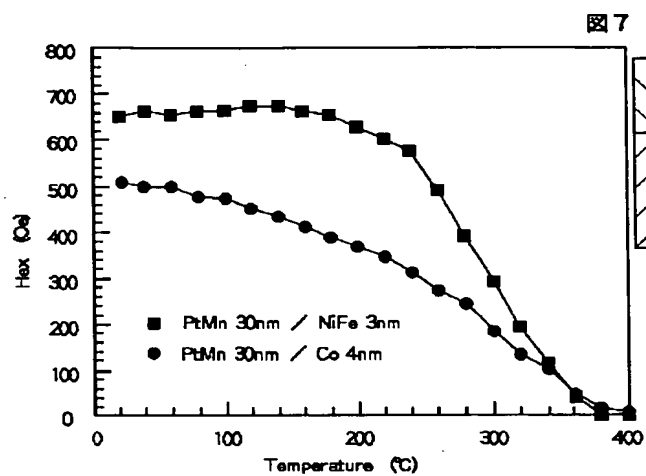
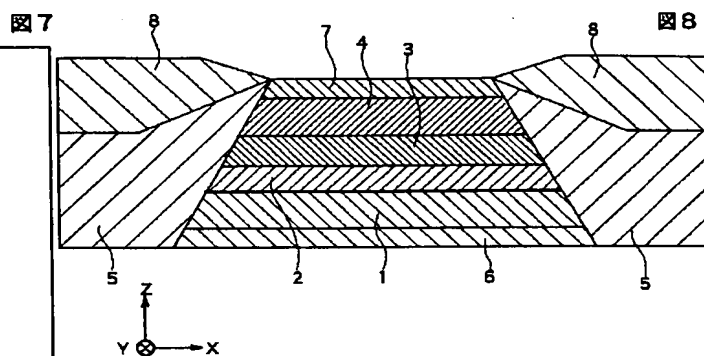


図6

【図7】



【図8】



THIS PAGE BLANK (USPTO)